

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑪ DE 32 23 801 A 1

⑤1 Int. Cl. 3:  
H 01 L 41/22

②1 Aktenzeichen: P 32 23 801.0  
②2 Anmeldetag: 25. 6. 82  
④3 Offenlegungstag: 29. 12. 83

⑦1 Anmelder:  
Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München, DE

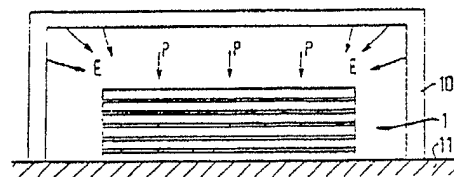
⑦2 Erfinder:  
Meixner, Hans, Dr., 8013 Haar, DE

⑤6 Recherchenergebnisse nach § 43 Abs. 1 PatG:  
DE-OS 28 28 148  
GB 20 52 151

⑤4 Verfahren zur Herstellung eines piezoelektrischen Stellgliedes

Vereinfachtes Herstellungsverfahren für ein piezoelektrisches Stellglied (1, 21), zwischen dessen Lamellen (2) Scheiben (32) o.dgl. sich in der Klebschicht (6) ein Metallnetz (3) zur mechanischen Verstärkung befindet, das aufgrund des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens auch der zuverlässigen elektrischen Kontaktgabe dient. (32 23 801)

FIG 2b



DE 32 23 801 A 1

Patentansprüche:

- 1.) Verfahren zur Herstellung eines piezoelektrischen  
Stellglieds mit mehreren übereinanderliegenden Lamellen,  
Scheiben oder dergleichen, die mit Elektrodenmetallisie-  
rungen versehen sind und die mittels jeweils einer Kleb-  
stoffschicht miteinander verbunden sind, wobei dieses  
Stellglied nach außen geführte Anschlüsse der Elektroden-  
metallisierungen hat, g e k e n n z e i c h n e t da-  
durch, daß in eine jeweilige Klebstoffschicht (6) ein  
Netz (3) aus Metallfäden (4, 5) eingebracht wird, das  
außerdem für einen elektrischen Anschluß (41) nach außen  
geführt ist;  
und daß der Stapel (1) vor und bis zum Aushärten des Mate-  
rials der Klebstoffschicht (6) bis zum Aushärten dersel-  
ben unter einem solchen Druck )P)- gehalten wird, bei dem  
die Fäden (4, 5) des Metallnetzes an ihren jeweiligen  
Überkreuzungsstellen mit der jeweils benachbarten Elek-  
trodenschicht (7) der jeweiligen Lamelle (2), Scheibe  
(32) oder dergleichen andauernden elektrischen Kontakt  
erreicht haben.
2. Verfahren nach Anspruch 1, g e k e n n z e i c h -  
n e t dadurch, daß ein vorgefertigtes Halbzeug bestehend  
aus dem Material der Klebstoffschicht (6) und einem darin  
eingelagerten Netz (3) aus Metallfäden (4, 5) (siehe  
Fig.2a) verwendet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, g e k e n n z e i c h -  
n e t dadurch, daß das als große Bahn vorgefertigte Halb-  
zeug durch Zerteilen in an die Größe der Lamellen (2),  
Scheiben (32) oder dergleichen angepaßte Folienstücke zer-  
teilt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, g e k e n n -  
z e i c h n e t dadurch, daß als Klebstoff ein Thermo-  
plast verwendet wird.

25.10.82

3223801

2

8-

VPA 82 P 1478 DE

5. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, g e k e n n -  
z e i c h n e t dadurch, daß als Klebstoff ein Duroplast  
im B-Zustand verwendet wird.

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
Berlin und München

Unser Zeichen  
VPA 82 P 1478 DE

Verfahren zur Herstellung eines piezoelektrischen  
5 Stellgliedes

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung eines piezoelektrischen Stellgliedes, wie im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegeben ist.

10

Aus der DE-OS 30 40 563 (VPA 80/7188) ist ein elektrisch zu betätigendes Stellglied bekannt, das ein Paket aus piezoelektrischen Lamellen enthält. Diese an ihren Enden mit einem Kraftübertragungselement verbundenen Lamellen ver-  
15 laufen in diesem Paket parallel zueinander. Die Zwischenräume zwischen jeweils zwei benachbarten Lamellen können mit einem Kunststoffmaterial ausgefüllt sein, das insbesondere ein mit Epoxidharz getränktes Glasfaservlies ist und als Prepreg im Handel ist. In der obengenannten Druck-  
20 schrift ist auch die Möglichkeit beschrieben, in das als Abstandshalter zwischen den benachbarten Lamellen vorhandene Kunstharz jeweils eine leiterförmige Metallfolie einzulagern, das vorzugsweise anisotrope Federsteifigkeit bezogen auf die Längsrichtung und auf die Querrichtung der  
25 Lamellen hat.

Bei einem solchen piezoelektrischen Stellglied haben die einzelnen piezoelektrischen Lamellen auf ihren einander- gegenüberliegenden (großen) Oberflächen Elektrodenbele-  
30 gungen aus z.B. Einbrennversilberung. Diese gewährleisten, daß ein auf Grund angelegter elektrischer Spannung im piezokeramischen Material der Lamellen erzeugtes elektrisches Feld nur in diesem Keramikmaterial vorhanden ist. Solche als Elektroden verwendeten Metallisierungen haben aber  
35 nur sehr geringe Dicke und daher einen nicht zu vernachlässigenden elektrischen Ausbreitungswiderstand.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Her-  
stellungsverfahren für ein solches piezoelektrisches Stell-  
glied anzugeben, das bezüglich seiner mechanischen Eigen-  
schaften einem bekannten piezoelektrischen Stellglied ent-  
5 spricht, das aber bezüglich elektrischer Eigenschaften und  
insbesondere elektrischer Kontakteigenschaften verbessert  
ist, wobei dieses Stellglied leichter herzustellen sein  
soll.

10 Diese Aufgabe wird mit einem Verfahren nach dem Oberbe-  
griff des Patentanspruchs 1 erfindungsgemäß mit den Merk-  
malen des Kennzeichens des Anspruchs 1 gelöst.

Weitere Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung  
15 gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Der vorliegenden Erfindung liegt zum einen die Überlegung  
zugrunde, daß die Lamellen weiterhin durch Kleben mitein-  
ander verbunden sein sollen. Es soll auch zur Erzielung  
20 der bereits erreichten guten mechanischen Eigenschaften  
innerhalb des verwendeten Klebstoffes eine mechanische Ver-  
stärkung vorgesehen sein. Die weiteren Überlegungen der Er-  
findung gingen dahin, hierfür ein Netz aus Metallfäden zu  
verwenden, wobei bei diesem Netz die betreffenden Metall-  
25 fäden (in nicht notwendigerweise rechtem Winkel) zuein-  
ander verlaufen und Überkreuzungen aufweisen. Zur Erfin-  
dung gehört weiter der Gedanke, das dem Prinzip nach an  
sich bekannte Verkleben der Lamellen miteinander so auszu-  
führen, daß während noch die Klebstoffschicht plastisch ist  
30 und bis zum Aushärten ein solcher Druck ausgeübt wird, daß  
die einzelnen (zum Stapel angeordneten) Lamellen mit den  
auf ihren Oberflächen befindlichen (als Elektroden verwen-  
deten) Metallisierungen mit dem Metall des erwähnten Netzes  
zumindest an den Überkreuzungsstellen der Metallfäden in  
35 Berührung kommen. Diese Berührung ist derart, daß sie einen

5

-3-

VPA 82 P 1478 DE

- ausreichenden elektrischen Kontakt erzeugt. Die Stärke der Metallfedern ist mit vorzugsweise 0,05 bis 0,5 mm Dicke so groß, daß diese Metallfäden vergleichsweise zu den z.B. 1-5,um dicken Metallisierungen auf den Keramiklamellen beträchtlich hohe elektrische Stromleitung übernehmen können und über die Kontakte an den Überkreuzungsstellen der Fäden elektrischen Strom in entsprechend enger Verteilung auf die einzelne Elektrodenmetallisierung übertragen können. Es darf nämlich nicht übersehen werden, daß die Aufladeströme und Entladeströme bei elektrischer Betätigung des piezoelektrischen Stellgliedes beträchtliche Werte annehmen, und zwar insbesondere wenn ein rascher Gradient des Stellvorganges gefordert ist.
- 15 Von ganz besonderem Vorteil ist die Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, wenn hierbei ein vorgefertigtes Halbzeug verwendet wird, das aus einer Folie aus (noch nicht endgültig ausgehärtetem) Klebstoff-Kunststoffmaterial mit darin eingelagertem Netz aus den erwähnten Metallfäden besteht. Eine solche vorgefertigte Folie kann als Halbzeug zunächst in solche Stücke zerteilt werden, die der Flächen-  
größe bzw. der Verklebungsfläche der Lamellen entspricht. Es wird dann ein Stapel aus abwechselnd aufeinanderfolgenden piezokeramischen Lamellen und Folienstreifen dieses  
25 Halbzeugs vorbereitet, der dann gemäß einem Merkmal der Erfindung während der zur Durchführung der Verklebung vorgesehenen Maßnahmen wie Wärmezufuhr unter dem erwähnten Druck gesetzt wird.
- 30 Um anisotrope mechanische Wirkung des Netzes aus den Metallfäden zu erhalten, so wie z.B. bei der bekannten Verwendung einer leiterförmigen Metallfolie, empfiehlt es sich in Richtung quer zu den Lamellen stärkere Metallfäden vorzusehen als in Längsrichtung derselben. Entsprechendes kann  
35 auch dadurch erreicht werden, daß man Metallfäden von z.B.

auch gleicher Stärke in Querrichtung dichter anordnet als in Längsrichtung.

Als Klebstoff kann ein thermoplastisches Material mit Vor-  
 5 teil verwendet werden. Bevorzugt ist auch die Verwendung  
 eines Duroplast-Materials als Klebstoff, das sich im sog.  
 B-Zustand befindet. Es ist dies ein Duroplast in dem be-  
 reits sämtliche endgültigen Bestandteile, d.h. auch der  
 Härter, enthalten ist und dessen Aushärtung zum endgülti-  
 10 gen Duroplast durch Wärmeeinwirkung eingeleitet und voll-  
 endet wird.

Das Netz aus Metallfäden bzw. aus dem Stapel der Lamellen  
 herausragende Enden dieses Netzes werden als äußere Kon-  
 15 taktanschlüsse verwendet.

Weitere Erläuterungen der Erfindung gehen aus der nachfol-  
 genden Beschreibung zu den beigelegten Figuren hervor.

20 Fig. 1 zeigt einen Längsschnitt durch ein ansonsten pers-  
 pektivisch dargestelltes Lamellenpaket eines piezo-  
 elektrischen Stellgliedes.

Fig. 2a, 2b zeigen einzelne Stadien des erfindungsge-  
 mäßen Herstellungsverfahrens.

25 Fig. 3 ein Beispiel eines Stellgliedes mit Scheiben.

In Fig. 1 ist mit 1 ein Paket aus piezokeramischen Lamel-  
 len 2 bezeichnet. Der Längsschnitt ist so gelegt, daß zu-  
 mindest der Umriß der bezüglich des Schnittes obersten  
 Lamelle bzw. deren Oberfläche zu sehen ist. In schemati-  
 30 scher Darstellung ist das auf dieser Oberfläche der (ober-  
 sten) Lamelle befindliche Netz 3 aus den in Längsrich-  
 tung verlaufenden Metallfäden 4 und den in Querrichtung  
 verlaufenden Metallfäden 5 zu sehen. Die Querfäden sind  
 an denjenigen Stellen mit einer jeweiligen Unterbrechung  
 35 dargestellt, an denen der Längsfaden in der Figur an sich vor

dem Quersfaden verläuft. Selbstverständlich sind die Quersfäden 5 durchgehend, damit sie die insbesondere in Querrichtung erwünschte größere Steifigkeit im Lamellenpaket 1 erzeugen. Bei diesem Ausführungsbeispiel sind auch die  
5 Quersfäden dichter als die Längsfäden angeordnet. Die am unteren Ende über den Rand des Lamellenpakets 1 hinausragenden Längsfäden 4 können in Verbindung miteinander als Anschluß 41, <sup>41'</sup> ausgebildet sein. Über diese Anschlüsse 41, 41' zugeführter elektrischer Strom verteilt sich über die Längs-  
10 fäden 4 und die Quersfäden 5 und an den Überkreuzungspunkten zwischen Längsfäden 4 und Quersfäden 5, an denen das Metallnetz 3 zwangsläufig seine größte Dicke hat, bilden sich nach der Erfindung gute elektrische Kontakte mit der nicht dargestellten Metallisierung der benachbarten Lamellen 2  
15 aus. Dieses Metallnetz 3 ist in den eine Schicht auf der Keramiklamelle 2 bildenden Klebstoff eingebettet.

Fig. 2a zeigt in Seitenansicht im Ausschnitt zwei Keramiklamellen 2 mit den Metallisierungen 7, in denen  
20 benachbart angeordnet eines der Metallnetze 3 mit seinen Fäden zu sehen ist. In der Fig. 2a ist auch andeutungsweise der jeweilige Klebstoff 6 zu sehen, der jeweils eine Art Schicht oder Folie bildet, <sup>in</sup> die das erwähnte Metallnetz 3 vorzugsweise eingebettet ist. Es könnte sich alternativ auch zwischen  
25 einer jeden Lamelle 2 und einem jeden Netz 3 eine Klebstoffschicht bzw.-folie befinden. Beim nachfolgend zur Fig. 2b zu beschreibenden Verkleben des ganzen Lamellenpaketes 1 würden dann derartige Klebstoffschichten und das jeweilige Metallnetz derart ineinandergehen, daß im  
30 Ergebnis das Metallnetz 3 wieder in Klebstoff eingebettet ist. Fig. 2b zeigt nun schematisch das Zusammenpressen eines Staples nach Fig. 2a unter Einwirkung der Druckkräfte P und unter Einwirkung von Wärmestrahlung E innerhalb eines lediglich prinzipiell dargestellten Ofens 10. Der ganze  
35 Stapel 1 befindet sich dabei auf einer Unterlage 11. Die



8

8-

VPA 82 P 1 4 7 8 DE

Wärmeeinwirkung E und die Druckeinwirkung P wird solange aufrechterhalten bis bei einem Duroplast das Aushärten erfolgt ist. Bei Verwendung eines Thermoplasts als Klebstoff wird zunächst die Wärmeeinwirkung E abgeschaltet und die  
5 Druckwirkung P erst dann weggenommen, wenn das thermoplastische Material die notwendige Festigkeit (bei entsprechend niedriger Temperatur) erreicht hat.

Die Erfindung ist voranstehend für ein Lamellenpaket  
10 als Stellglied beschrieben worden. Sie ist auch für ein an sich bekanntes Stellglied mit Scheibenstapel zu verwenden. Fig.3 zeigt ein solches Beispiel mit 31 bezeichnet. Die Scheiben haben das Bezugszeichen 32. Mit 33 sind die zwischen den einzelnen Scheiben in den Klebstoff  
15 eingebetteten Metallnetze aus den dargestellten Fäden bezeichnet. Mit 41 und 41' sind Anschlüsse dargestellt. Die elektrische Kontaktfunktion der Metallnetze 33 ist gleich derjenigen der Netze 3. Auch hier empfiehlt sich die Verwendung eines aus Metallnetz und Klebstoff vorge-  
20 fertigten Halbzeugs.

Mit der Erfindung läßt sich eine erhebliche technische Vereinfachung des Herstellungsverfahrens bei zusätzlich verbesserten elektrischen und mechanischen Eigenschaften  
25 bewirken.

3 Figuren

5 Patentansprüche

FIG 1

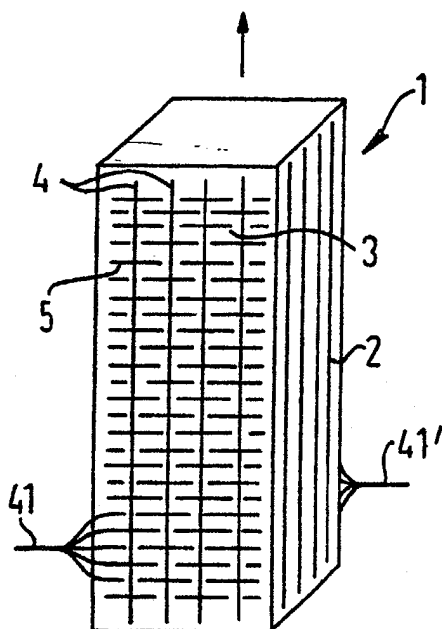


FIG 2a

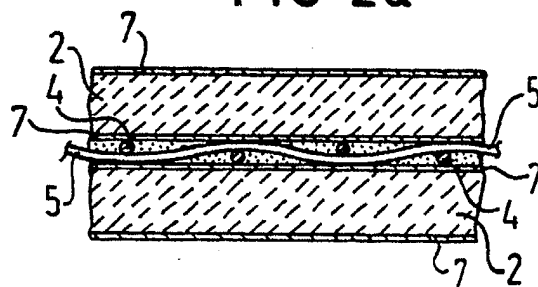


FIG 2b

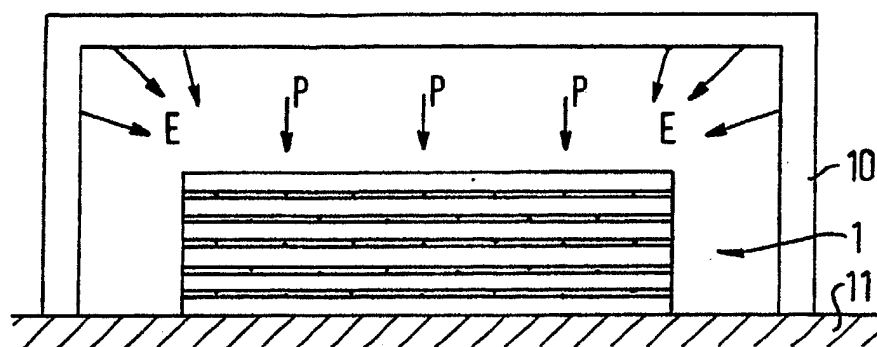


FIG 3

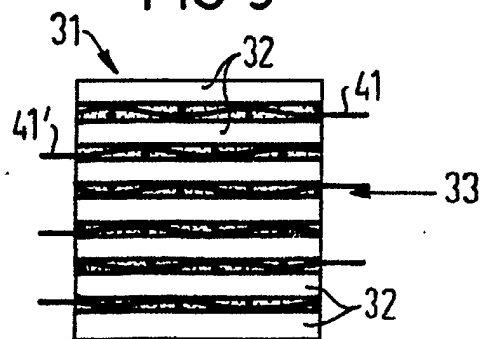


FIG 1

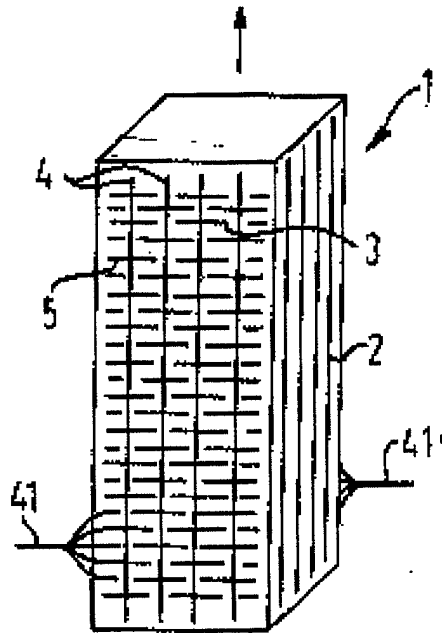


FIG 2a

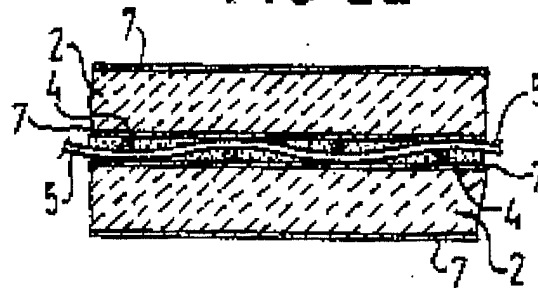


FIG 2b

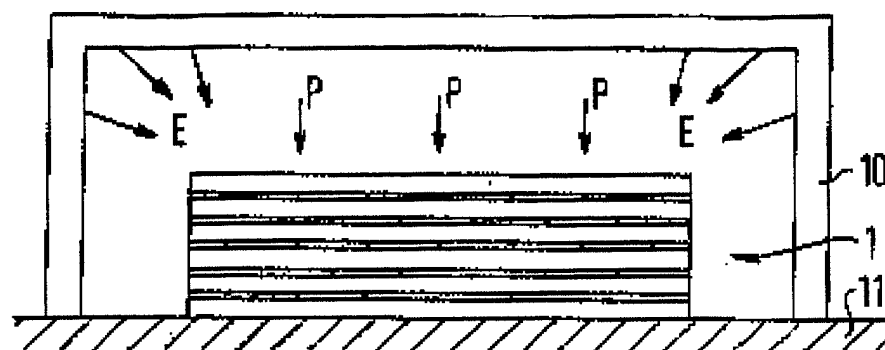


FIG 3

